

УДК 621.315

ПЕРЕДАЧА ЭНЕРГИИ ВОЗБУЖДЕНИЯ ИОНАМ Cr^{3+} ОТ РАДИАЦИОННЫХ ЦЕНТРОВ ОКРАСКИ В РУБИНЕ

Р. Р. АТАБЕКЯН, В. А. ГЕВОРКЯН, Р. К. ЕЗОЯН, Г. Н. ЕРИЦЯН,
В. Х. САРКИСОВ

Ереванский физический институт
(Поступила в редакцию 5 мая 1984 г.)

Обнаружена эффективная передача энергии фотовозбуждения от температурно устойчивых радиационных центров окраски к ионам Cr^{3+} в облученном рубине. Наблюдаемое явление объясняется процессами излучательной и безызлучательной передачи энергии фотовозбуждения.

Передача энергии электронного возбуждения между люминесцирующими центрами в конденсированных средах представляет как научный, так и большой практический интерес, тем более, если это касается возможности повышения энергии выхода ОКГ. Хотя в настоящее время имеется много работ, посвященных исследованию оптических свойств облученного рубина, однако, насколько нам известно, передача энергии электронного возбуждения от радиационных центров окраски к ионам Cr^{3+} наблюдалась только в работе [1]. В этой работе обнаружена излучательная передача энергии возбуждения от центров окраски (ЦО), наводимых при облучении рубина рентгеновскими лучами, к ионам Cr^{3+} .

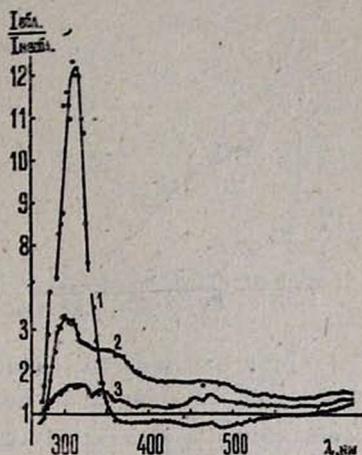
В настоящей работе сообщается о впервые обнаруженной эффективной передаче энергии электронного возбуждения в рубине от ЦО, образующихся при облучении кристалла рубина высокоэнергичными электронами, к ионам Cr^{3+} .

Исследованные образцы рубина были вырезаны из одной и той же булы, выращенной методом Вернейля. Геометрическая ось кристалла составляла 90° с осью C_2 . Образцы имели форму полированных кубиков со стороной 1 см и плоско-параллельных пластинок с толщиной 0,05—0,1 см. Концентрация ионов Cr^{3+} в образцах составляла 0,03% по весу. Облучение образцов проводилось на линейном ускорителе электронов с энергией 50 МэВ при комнатной температуре. Спектры поглощения снимались на спектрофотометре СФ-8. Установка фотолюминесценции была собрана на базе спектрофотометра СФ-26. Возбуждающий свет лампы ЛД(Д) поочередно падал на необлученный и облученный образцы. Люминесценция регистрировалась под углом 90° по отношению к направлению возбуждающего света с помощью ФЭУ-28, перед которым помещался светофильтр КС-17. Ширина R -линий люминесценции исследовалась на спектрографе ДФС-8-3 с фотоэлектрической регистрацией (обратная дисперсия установки — 0,4 нм/мм).

Результаты исследования приведены на рис. 1. Из кривой 1 следует, что при облучении рубина высокоэнергичными электронами отношение интенсивностей люминесценции R -линий в районе 300 нм сильно увеличи-

вается, а в области 350—600 нм, которая является основной областью накачки рубинового ОКГ, уменьшается. После отжига при температурах 300 и 350° С (кривые 2 и 3) в этой области наблюдается увеличение отношения интенсивностей люминесценции, причем в распределении $I_{обл.}/I_{необл.}$ выделяются четыре полосы в областях 300, 350, 460 и 640 нм.

Рис. 1. Спектральное распределение отношения интенсивностей люминесценции R-линий облученного и необлученного образцов кристалла рубина (энергия электронов облучения — 50 МэВ, доза облучения — $3 \cdot 10^{17}$ эл/см², ширина щели монохроматора — 0,5 мм): 1 — после облучения; 2 — после 30-минутного отжига при 300° С; 3 — после 30-минутного отжига при 350° С.



Известно, что в кристаллах рубина под действием γ -квантов, рентгеновских лучей и электронов малых доз появляются ЦО с полосами поглощения 220, 280, 370 и 470 нм, которые обусловлены превращением части ионов Cr^{3+} в Cr^{2+} и Cr^{4+} [2—4]. Уменьшение концентрации ионов Cr^{3+} и образование неактивных или менее активных ЦО приводит к уменьшению $I_{обл.}/I_{необл.}$ в области 350—360 нм, что является причиной уменьшения энергии выхода и увеличения порога генерации рубинового ОКГ. При нагревании до 300° С возникшие ЦО полностью отжигаются и величина $I_{обл.}/I_{необл.}$ стремится к единице.

При облучении же рубина большими дозами высокоэнергичных электронов кроме вышеприведенных ЦО образуются дополнительные ЦО с характерными полосами поглощения, связанные с возникновением структурных дефектов в кристаллической решетке. Такие же структурные дефекты возникают и в корунде ($\alpha-Al_2O_3$) [5, 6]. Спектры дополнительного поглощения рубина и корунда, облученных электронами и отожженных при температуре 300° С, идентичны.

На рис. 2 приведена часть характерного спектра дополнительного поглощения корунда, облученного высокоэнергичными электронами. На кривой 2 хорошо видны термически устойчивые полосы поглощения, обусловленные радиационными структурными дефектами. Существование в спектральном распределении $I_{обл.}/I_{необл.}$ полос 300 и 460 нм, совпадающих с соответствующими полосами в спектре поглощения, обусловлено излучательной передачей энергии от возбужденных радиационных ЦО к ионам Cr^{3+} . Такой механизм передачи энергии можно объяснить тем, что при возбуждении в полосах поглощения 300 и 460 нм возникают соответствующие полосы люминесценции 510 и 550 нм [5]. Эти полосы практически перекрываются с полосой поглощения 550 нм ионов Cr^{3+} , соответствующей переходу ${}^4A_2 \rightarrow {}^4T_2$, что приводит к возбуждению 2E -состояния с последующим излучением в R-линиях.

Особый интерес представляют области с максимумами 350 и 640 нм в распределении $I_{\text{обл.}}/I_{\text{необл.}}$. Их наличие связано с безызлучательной передачей энергии электронного возбуждения от радиационных нелюминесцирующих полос поглощения 360 нм и слабой по интенсивности полосы

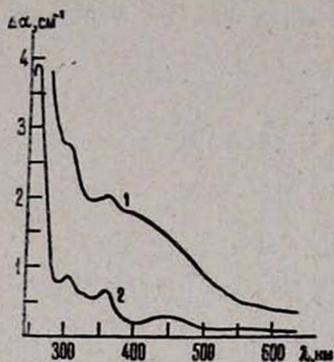


Рис. 2. Спектр дополнительного поглощения корунда, выращенного методом горизонтальной направленной кристаллизации (энергия облучения — 50 МэВ, доза — $3 \cdot 10^{17}$ эл/см², толщина образца — 0,5 см): 1 — после облучения; 2 — после 120-минутного отжига при температуре 350° С.

620 нм [7] к ионам Cr^{3+} . Действительно, полоса поглощения 360 нм перекрывается с широкой полосой поглощения 410 нм иона Cr^{3+} . Так как величина константы скорости безызлучательной дезактивации энергии электронного возбуждения порядка 10^9 с⁻¹, то можно ожидать, что энергия из возбужденного состояния радиационного центра через уровень 4T_1 , со скоростью 10^9 с⁻¹ передается уровню 2E , а оттуда — на основной уровень 4A_2 иона Cr^{3+} , излучая в R -линиях. Таким же образом может происходить передача энергии возбуждения в области 640 нм. Только в этом случае энергия возбуждения от радиационных ЦО через уровень 2T_1 передается на уровень 2E иона Cr^{3+} с последующим излучением в R -линиях.

Необходимо подчеркнуть что полуширина R_1 - и R_2 -линий люминесценции при комнатной температуре не изменяется при облучении кристалла рубина высокоэнергичными электронами с дозой вплоть до 10^{18} эл/см².

ЛИТЕРАТУРА

1. Low W. Appl. Phys. Lett., 5, 35 (1964).
2. Maruyama T., Matsuda Y. J. Phys. Soc. Japan, 19, 1096 (1964).
3. Архангельский Г. Е., Моренштерн Э. Л., Неуструев В. Б. Спектроскопия кристаллов. Изд. Наука, М., 1970, с. 273.
4. Бессонова Т. С. и др. Опт. и спектр., 37, 701 (1974).
5. Lee K. H., Crawford J. H., Jr. Phys. Rev., B15, 4065 (1977).
6. Атабекян Р. Р. и др. Письма в ЖТФ, 9, 1448 (1983).
7. Crawford J. H., Jr. J. Nucl. Mater., 108—109, 644 (1982).

ՍՈՒՏԱԿՈՒՄ ՀԱՌԱԳԱՅՔԱՅԻՆ ԳՈՒՆԱՎՈՐՄԱՆ ԿԵՆՏՐՈՆՆԵՐԻՑ ԳՐԳՌՄԱՆ
ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՓՈԽԱՆՑՈՒՄԸ Cr^{3+} ԻՈՆՆԵՐԻՆ

Ռ. Ռ. ԱՔԱՐԵԿՅԱՆ, Վ. Ա. ԳԵՎՈՐԳՅԱՆ, Ռ. Կ. ԵՂՈՅԱՆ
Հ. Ն. ԵՐԻՑՅԱՆ, Վ. Խ. ՍԱՐԿԻՍՈՎ

Ուսումնասիրվել է էլեկտրոնային զրգուման էներգիայի փոխանցումը 50 ՄէՎ էլեկտրոններով ճառագայթված սուտակի զոնավորման կենտրոններից Cr^{3+} իոններին: Նկատվել է, որ 300 նմ զրգուման շրջակայքում արագ էլեկտրոններով ճառագայթելուց հետո R-գծերի լյումինացիան հետազոտվելուց մեծանում է, իսկ 350—600 նմ տիրույթում՝ նվազում: Ճառագայթված բյուրեղները 300—350°C շերտաստիճանում թրծելուց հետո R-գծերի լյումինացիան հետազոտվելուց 275—650 նմ զրգուման տիրույթում աճում է: Գրգուման սպեկտրում նկատվել է 300, 350, 460 և 640 նմ շերտեր: Դիտված երևույթը բացատրվում է էներգիայի փոխանցման ճառագայթային և ոչ ճառագայթային պրոցեսներով:

EXCITATION ENERGY TRANSFER FROM RADIATION
COLOR CENTERS TO Cr^{3+} IONS IN RUBY

R. R. ATABEKYAN, V. A. GEVORKYAN, R. K. EZOYAN, G. N. ERITSYAN,
V. Kh. SARKISOV

The excitation energy transfer from radiation color centers, produced at the irradiation of a ruby crystal with 50 MeV electrons, to Cr^{3+} ions in ruby has been investigated. The ratio of intensities of luminescence in R-lines, I_{irr}/I_{nonirr} , was found to increase at the excitation in 300 nm range and to decrease in 350—600 nm range. After the annealing at 300—350°C an increase in the ratio was observed over all the excitation range, the 300, 350, 460 and 640 nm bands standing out against the spectrum. The observed phenomenon is explained by processes of radiative and nonradiative transfer of excitation energy.